

PUB-NO: JP408238587A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08238587 A ✓  
TITLE: LASER WELDING HEAD

PUBN-DATE: September 17, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SOGA, SATOSHI

ASADA, HIROSHI

INOUE, SHOJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NISSHIN STEEL CO LTD

APPL-NO: JP07065099

APPL-DATE: February 28, 1995

INT-CL (IPC): B23 K 26/14

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a laser welding head capable of adjusting the blowing angle of side gases according to various kinds of welding conditions.

CONSTITUTION: First tables 4 which are vertically movable are arranged on the right and left of a welding head and second tables 5 slidable in parallel with a processing plane are arranged at the first tables 4. The second tables are provided thereunder with angle adjustable size nozzles 2. Since the side nozzles 2 are three-dimensionally movably and swivelably disposed, the degree of freedom in setting the necessary blowing angle  $\theta$  and distance X is high and the welding is progressed under good conditions. Defectless weld zones where undercuts are decreased are thus obtd.

COPYRIGHT: (C) 1996, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-238587

(43) 公開日 平成8年(1996)9月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 3 K 26/14

識別記号

庁内整理番号

F I

B 2 3 K 26/14

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-65099

(22) 出願日 平成7年(1995)2月28日

(71) 出願人 000004581

日新製鋼株式会社

東京都千代田区丸の内3丁目4番1号

(72) 発明者 曾我 聡

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会

社加工技術研究所内

(72) 発明者 朝田 博

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会

社加工技術研究所内

(72) 発明者 井上 正二

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会

社加工技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小倉 亘

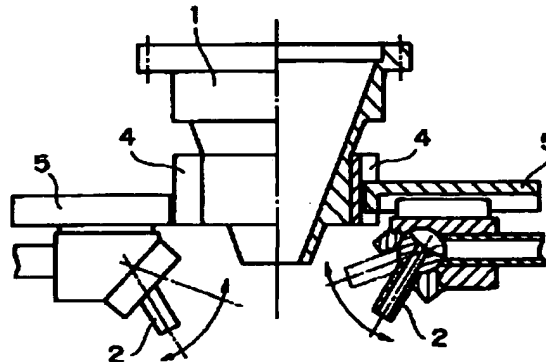
(54) 【発明の名称】 レーザ溶接ヘッド

(57) 【要約】

【目的】 各種溶接条件に応じてサイドガスの吹付け角度 $\theta$ を調節できるレーザ溶接ヘッドを提供する。

【構成】 溶接ヘッド1の左右に上下動可能な第1テーブル4を配置し、加工面に対して平行にスライドできる第2テーブル5を第1テーブル4に配置する。そして、角度調節可能なサイドノズル2を、第2テーブルの下部に設けている。

【効果】 サイドノズル2を三次元的に移動及び旋回可能に設けているため、必要な吹付け角度 $\theta$ 及び距離Xを設定する自由度が高く、良好な条件下で溶接が進行し、アンダーカットが低減された健全な溶接部が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶接ヘッドと、溶接ヘッドの左右に配置された上下動可能な第1テーブルと、第1テーブルに配置され、加工面に対して平行にスライドできる第2テーブルと、第2テーブルの下部に設けられた角度調節可能なサイドノズルとを備えているレーザ溶接ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザ溶接時に発生するプラズマを除去し、アンダーカットの防止又は低減を可能にしたレーザ溶接ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】レーザ溶接で鋼板等を突合せ溶接又は重ね溶接するとき、プラズマが発生する。プラズマは、鋼板等の表面に達するレーザビームのエネルギー量を減少させ、溶込み不良等の発生原因となる。プラズマに起因した溶込み不良等の欠陥は、サイドノズルからArガス等（以下、これをサイドガスという）を吹き付けてプラズマを除去することにより低減される。そのため、たとえば図1に示すように、ヘッド1にサイドノズル2を一体化したレーザ溶接ヘッドが使用されている。サイドノズル2をヘッド1に一体化した場合、サイドノズル2の位置及び指向方向が異なる溶接ヘッドを複数用意しておく、それぞれの溶接条件に応じアンダーカット等の欠陥がない溶接部が得られるヘッドを探索する必要がある。また、複数の溶接ヘッドを用意しておく必要があることから、ヘッドの作成に費用がかかり、ヘッドの交換作業もばかにならない。そこで、サイドノズルの指向方向や位置制御を可能にしたレーザ溶接ヘッドが一部で使用されている（特開平5-8067号公報、特開平5-200571号公報等参照）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】サイドノズルから噴射されるサイドガスは、プラズマに起因する溶込み不良を軽減する反面、溶接欠陥の一つである溶接ビードに深いアンダーカットを発生させる原因となる。すなわち、サイドガスの吹付け流量、吹付け角度、吹付け方向等の設定条件が不適切であると、溶融金属がボンド部に十分流れ込まず、アンダーカットが発生する。溶融金属の流動は、鋼板等の種類、板厚、溶接速度等に応じて粘性や量が変化するため、予め把握することができない。そのため、サイドノズル2を一体化したレーザ溶接ヘッドでは、鋼板の種類、板厚、溶接速度等が変化するに従ってサイドノズル2の方向、角度、高さ等が異なるレーザ溶接ヘッドに交換し、深いアンダーカットの発生を防止できる適正なサイドガス条件を設定する必要がある。また、サイドノズルの指向方向や位置制御を可能にしたレーザ溶接ヘッドでも、それぞれの溶接条件に応じたサイドガス条件を設定することが難しく、依然として健全なレーザ溶接部が得られないのが現状である。本発明は、

このような問題を解消すべく案出されたものであり、溶接ヘッドに対してサイドノズルを三次元的に移動可能及び旋回可能に設けることにより、ヘッドを交換する必要なく、鋼板の種類、板厚、溶接速度等の変化に十分対応したサイドガス条件を設定できるレーザ溶接ヘッドを提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザ溶接ヘッドは、その目的を達成するため、溶接ヘッドと、溶接ヘッドの左右に配置された上下動可能な第1テーブルと、第1テーブルに配置され、加工面に対して平行にスライドできる第2テーブルと、第2テーブルの下部に設けられた角度調節可能なサイドノズルとを備えていることを特徴とする。本発明のレーザ溶接ヘッドにおいては、溶接ヘッド本体に対してサイドノズルを上下動、水平動及び旋回できるように設けている。このようなサイドノズルの配置は、本発明者等によるレーザ溶接に関する調査・研究から、種々の溶接条件に対応してアンダーカットを防止する上で有効なものであることを解明した。

【0005】サイドガスを使用したレーザ溶接で、図2に示すようにサイドガスの吹付け角度を $\theta$ とし、レーザビームの中心軸と被溶接材3の交点からサイドノズル2の中心軸と被溶接材3の交点までの距離をXとする。被溶接材3として板厚2mmのSUS430ステンレス鋼を使用し、レーザ出力7kW、溶接速度5m/分の条件下で突合せ溶接した。そして、サイドノズル2の吹付け角度 $\theta$ と溶込み深さとの関係を調査した。調査結果を示す図3にみられるように、吹付け角度 $\theta$ が30度に満たない鋭角側では、溶込み深さが極端に浅くなり、溶込み不良のある溶接部が形成された。これは、吹付け角度 $\theta$ が30度より小さくなるほど、除去できるプラズマの量が少なくなったことに起因する。被溶接材3として板厚1.5mmのSUS304ステンレス鋼板を使用し、レーザ出力1~8kWの条件下で突合せ溶接した。そして、アンダーカットが板厚の1%以下になる溶接速度と距離Xとの関係を調査した。調査結果を示す図4にみられるように、アンダーカットが1%以下になる範囲は、溶接速度の上昇に応じて距離Xが長い側にシフトした。また、2m/分、5m/分及び10m/分の各溶接速度に共通して、アンダーカットを1%以下にする距離Xの一定値はなかった。

【0006】板厚0.2~2mmの冷延鋼板を被溶接材3として使用し、レーザ出力1~10kW及び溶接速度5m/分の条件下で突合せ溶接した。そして、アンダーカットが板厚の1%以下となる板厚とサイドノズル2の吹付け角度 $\theta$ との関係を調査した。調査結果を示す図5にみられるように、アンダーカットが板厚の1%以下となる吹付け角度 $\theta$ は、板厚に応じて変化した。また、0.2mm、1mm、2mmの各板厚に共通して、アンダーカットを板厚の1%以下にする吹付け角度 $\theta$ の一定

値はなかった。板厚1.5mmの冷延鋼板、SUS430ステンレス鋼板及びSUS304ステンレス鋼板を被溶接材3として使用し、レーザ出力4~5kW及び溶接速度5m/分の条件下で突合せ溶接した。そして、アンダーカットが板厚の1%以下になる鋼種と距離Xとの関係を調査した。調査結果を示す図6にみられるように、同じ板厚であっても、アンダーカットが板厚の1%以下になる距離Xは、鋼種に応じて異なっていた。この場合も、各鋼種に共通して、アンダーカットを1%以下にする距離Xの一定値はなかった。

【0007】以上のことから、吹き付け角度 $\theta$ 及び距離Xは、被溶接材3の種類、板厚、溶接速度等に応じて調整する必要があることが判る。また、被溶接材3によっては、溶接速度の変化に伴って、粘性及び溶融金属量等に起因してアンダーカットを低減する条件が得られず、サイドガスの吹き付け方向を逆方向にすることによりアンダーカットを低減する条件を得る場合もある。更に、レーザ溶接の方向を反対にする場合、サイドガスを反対側から吹き付ける必要がある。従来のレーザ溶接ヘッドでは、このような種々の要求を満足させることができない。そこで、本発明に従ったレーザ溶接ヘッドは、必要とする吹き付け角度 $\theta$ 及び距離Xの設定自由度を高めるため、たとえば図7に示すように、溶接ヘッド1の左右に上下動可能な第1テーブル4を配置し、加工面に対して平行にスライドできる第2テーブル5を第1テーブル4に配置する。そして、角度調節可能なサイドノズル2を、第2テーブルの下部に設けている。このようにサイドノズル2を三次元的に移動及び旋回可能に設けているため、必要な吹き付け角度 $\theta$ 及び距離Xを設定する自由度が高く、良好な条件下で溶接が進行するサイドガス条件が設定され、アンダーカットが低減された健全な溶接部が得られる。また、溶接ヘッド1の両側にサイドノズル2を設けているので、溶接ヘッド1を反転させる必要なくサイドガスの吹き付け方向を変更できる。

【0008】

【実施例】内径8mmのセンターノズルを持つ溶接ヘッド1に、図7に示す設備構成で内径3mmのサイドノズル2を取り付けた。サイドノズル2は10~70度の範

囲で傾斜角度を変更でき、第1テーブル4及び第2テーブル5の移動可能な距離をそれぞれ50mmに設定した。そして、第1テーブル4及び第2テーブル5によるサイドノズル2の移動及びサイドノズル2の傾斜角度を変えることにより、吹き付け角度 $\theta$ 及び距離Xの設定を変更した。なお、設定変更の際には、被溶接材の表面からセンターノズル先端までの距離を15mm、サイドノズル2の先端までの距離を10mmの一定値に維持した。板厚の変化に対する従来のレーザ溶接ヘッド及び本発明のレーザ溶接ヘッドの対応可能範囲を把握するため、板厚0.5~3mmのSUS430ステンレス鋼板を突合せ溶接した。溶接条件としては、レーザ出力を5kWとし、センターガス及びサイドガスにArを使用し、センターガスの流量を15リットル/分とし、サイドガスの流量をプラズマの除去に最低限必要な量に設定した。また、サイドガスは、アンダーカットを低減させる効果が大きい方向から溶接部に吹き付けた。

【0009】形成されたレーザ溶接部を評価するため、溶接部に内側半径が板厚の3倍となる180度曲げ試験を行った。そして、180度曲げ試験で溶接部に発生した割れの有無を観察した。調査結果を示す表1にみられるように、従来のレーザ溶接ヘッドでは、180度曲げで割れが発生する板厚があり、割れは深いアンダーカットを起点にしていた。そのため、サイドノズル2の位置が異なるレーザ溶接用ヘッドに交換する必要があった。これに対し、本発明に従ったレーザ溶接ヘッドでは、吹き付け角度 $\theta$ 及び距離Xを調整することにより、0.5~3mmの全板厚に対して深いアンダーカットを発生させることなく健全な溶接部が得られるサイドガス条件を設定できた。これら溶接部は、表1にみられるように、180度曲げ試験によって割れを発生させることがなかった。この対比から明らかなように、本発明に従ったレーザ溶接ヘッドを使用するとき、ヘッドを交換する必要なく、板厚0.5~3mmのSUS430ステンレス鋼板を突合せ溶接し、健全な溶接部が得られることが確認された。

【0010】

【表1】

表1: 溶接ヘッドの種類及び板厚が割れ発生に及ぼす影響

板厚 (mm)	従来の溶接ヘッド		本発明例の溶接ヘッド		
	ヘッド1	ヘッド2	設定 1	設定 2	設定 3
0.5~1	○	×	○	-	-
1~1.5	△	△	-	○	-
1.5~3	×	○	-	-	○
ヘッド	1	吹付け角度 $\theta$ が30度、距離Xが0mmのヘッド			
	2	吹付け角度 $\theta$ が45度、距離Xが3mmのヘッド			
設定条件	1	吹付け角度 $\theta$ を30度、距離Xを0mmに調整			
	2	吹付け角度 $\theta$ を37度、距離Xを1.5mmに調整			
	3	吹付け角度 $\theta$ を45度、距離Xを3mmに調整			
割れの有無	○	割れが発生しなかった板厚範囲			
	△	一部に割れが発生した板厚範囲			
	×	割れが発生した板厚範囲			

【0011】実施例2: 実施例1と同じレーザ溶接ヘッドを使用し、溶接速度を変化させて、板厚1.5mmのSUS409ステンレス鋼板を突合せ溶接し、外径50.8mmの溶接管を製造した。そして、溶接速度の変化に対する従来のレーザ溶接ヘッドと本発明に従ったレーザ溶接ヘッドの対応可能範囲を調査した。溶接条件としては、レーザ出力を1~12kWとし、センターガス及びサイドガスにArを使用し、センターガスの流量を15リットル/分とし、サイドガスの流量をプラズマの除去に最低限必要な量に設定した。また、サイドガスは、アンダーカットを低減させる効果が大きい方向から溶接部に吹き付けた。形成されたレーザ溶接部を評価するため、溶接部に内側半径が板厚の2倍となる扁平試験を行った。そして、扁平試験で溶接部に発生した割れの有無を観察した。調査結果を示す表2にみられるように、従来のレーザ溶接ヘッドでは、扁平試験で割れが発\*

\*生する板厚があり、割れは深いアンダーカットを起点にしていた。そのため、サイドノズル2の位置が異なるレーザ溶接用ヘッドに交換する必要があった。これに対し、本発明に従ったレーザ溶接ヘッドでは、吹き付け角度 $\theta$ 及び距離Xを調整することにより、5~20m/分の全溶接速度に対して深いアンダーカットを発生させることなく健全な溶接部が得られる条件が設定された。これら溶接部は、表2にみられるように、扁平試験によって割れを発生させることがなかった。この対比から明らかのように、本発明に従ったレーザ溶接ヘッドを使用するとき、ヘッドを交換する必要なく、種々の溶接速度でSUS409ステンレス鋼板を突合せ溶接し、健全な溶接部が得られることが確認された。

【0012】

【表2】

表2：溶接ヘッドの種類及び溶接速度が割れ発生に及ぼす影響

溶接速度 (m/分)	従来の溶接ヘッド		本発明例の溶接ヘッド		
	ヘッド1	ヘッド2	設定 1	設定 2	設定 3
≤5	○	×	○	—	—
5～9	△	△	—	○	—
9～20	×	○	—	—	○
ヘッド	1	吹付け角度 $\theta$ が50度、距離Xが0mmのヘッド			
	2	吹付け角度 $\theta$ が35度及び距離Xが3mmのヘッド			
設定条件	1	吹付け角度 $\theta$ を50度、距離Xを0mmに調整			
	2	吹付け角度 $\theta$ を42度、距離Xを1.5mmに調整			
	3	吹付け角度 $\theta$ を35度、距離Xを3mmに調整			
割れの有無	○	扁平試験で割れが発生しなかった板厚範囲			
	△	扁平試験で一部に割れが発生した板厚範囲			
	×	扁平試験で割れが発生した板厚範囲			

## 【0013】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明のレーザー溶接ヘッドは、サイドノズルを三次元的に移動可能且つ旋回可能にしているため、ヘッドを交換する必要なく、吹付け角度 $\theta$ 及び距離Xを調整することにより、プラズマの除去及びアンダーカットの防止又は低減に有効なサイドガス条件を設定することができる。そのため、鋼板の種類、板厚、溶接速度等が異なっても、一つのレーザー溶接ヘッドで設定条件を適正に変更でき、ヘッド作製費用やヘッド交換時間等が節約される。また、多鋼種且つ多サイズの溶接部に提供できるため、たとえば各種サイズの溶接管の製造等で生産効率が向上する。しかも、ヘッドを反転させずにサイドガスの吹き付け方向が変更できるため、反転作業に要していた時間も節約される。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 サイドノズルを一体化した従来のレーザー溶接ヘッド

【図2】 従来のレーザー溶接ヘッドを使用して吹き付け\*

\* 角度 $\theta$ 及び距離Xが及ぼす影響を調査したときの説明図

【図3】 健全な溶接部が得られる吹き付け角度 $\theta$ と溶込み深さとの関係を表したグラフ

【図4】 健全な溶接部が得られる距離Xと溶接速度との関係を表したグラフ

【図5】 健全な溶接部が得られる板厚と吹付け角度 $\theta$ との関係を表したグラフ

【図6】 健全な溶接部が得られる鋼種と距離Xとの関係を表したグラフ

【図7】 本発明に従ったレーザー溶接ヘッド

【符号の説明】

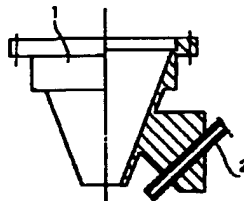
1：溶接ヘッド 2：サイドノズル 3：被溶接材  
4：第1テーブル

5：第2テーブル

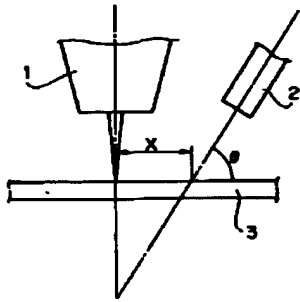
$\theta$ ：サイドガスの吹付け角度

X：レーザービームの中心軸と被溶接材3の交点からサイドノズル2の中心軸と被溶接材3の交点までの距離

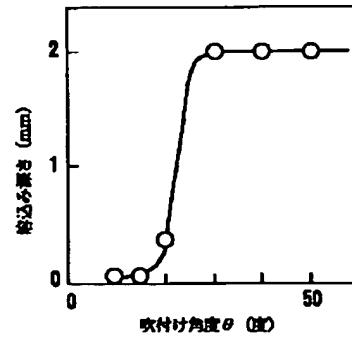
【図1】



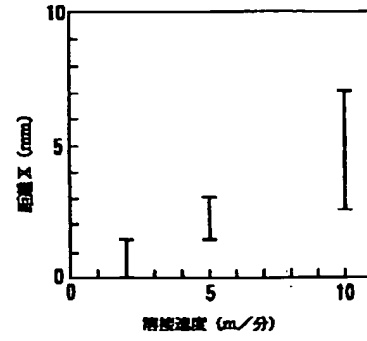
【図2】



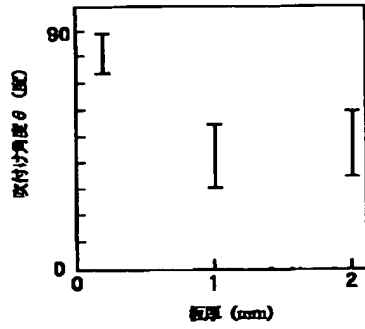
【図3】



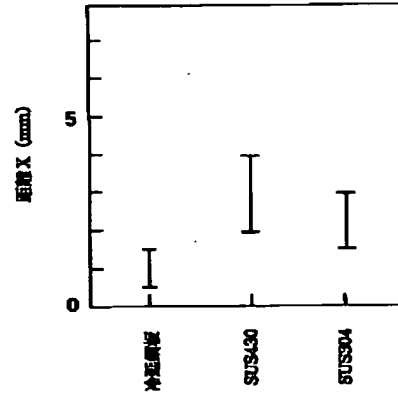
【図4】



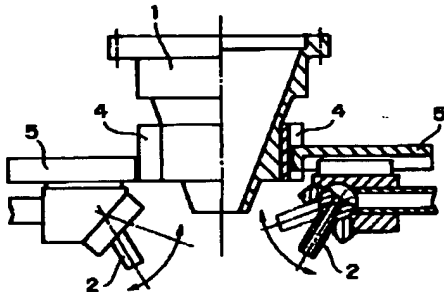
【図5】



【図6】



【図7】



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention removes the plasma generated at the time of laser welding, and relates to the laser-welding head which enabled prevention or reduction of an undercut.

[0002]

[Description of the Prior Art] In laser welding, butt welding or when carrying out a lap welding, the plasma generates a steel plate etc. The plasma decreases the amount of energy of a laser beam which arrives at front faces, such as a steel plate, and causes generating, such as incomplete penetration. Defects, such as incomplete penetration resulting from the plasma, are reduced by spraying Ar gas etc. from a side nozzle (this being hereafter called side gas), and removing the plasma. Therefore, as shown, for example in drawing 1, the laser-welding head which united the side nozzle 2 with the head 1 is used. When the side nozzle 2 is united with a head 1, two or more welding heads from which the location and orientation of the side nozzle 2 differ are prepared, and it is necessary to search for the head from which the weld zone which does not have defects, such as an undercut, according to each welding condition is obtained. Moreover, since it is necessary to prepare two or more welding heads, costs start creation of a head and exchange of a head does not become foolish. Then, the laser-welding head which made the orientation and position control of a side nozzle possible is used partly (reference, such as JP,5-8067,A and JP,5-200571,A).

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] While the side gas injected from a side nozzle mitigates the incomplete penetration resulting from the plasma, it becomes the cause of making the weld bead which is one of the weld flaws generating a deep undercut. That is, molten metal does not flow enough that setups, such as a spray flow rate of side gas, a spray include angle, and the spray direction, are unsuitable into weld junction, but an undercut occurs. Since viscosity and an amount change according to the class of steel plate etc., board thickness, the speed of travel, etc., a flow of molten metal cannot be grasped beforehand. Therefore, it is necessary to exchange for the laser-welding head from which the direction of the side nozzle 2, an include angle, height, etc. differ as the class of steel plate, board thickness, the speed of travel, etc. change, and it is necessary to set up the proper side gas conditions that generating of a deep undercut can be prevented, with the laser-welding head which unified the side nozzle 2. Moreover, it is difficult to set up the side gas conditions according to each welding condition also with the laser-welding head which made the orientation and position control of a side nozzle possible, and the present condition is that the still healthy laser-welding section is not obtained. By being thought out that such a problem should be solved and preparing a side nozzle movable in three dimensions, and possible [ revolution ] to the welding head, this invention does not need to exchange heads and aims at offering the laser-welding head which can set up the side gas conditions corresponding to change of the class of steel plate, board thickness, the speed of travel, etc. enough.

[0004]

[Means for Solving the Problem] The laser-welding head of this invention is characterized by having the



welding head, the 1st table which has been arranged at right and left of the welding head and which can be moved up and down, the 2nd table which it is arranged at the 1st table and can be slid in parallel to a processing side, and the side nozzle which was prepared in the lower part of the 2nd table and in which include-angle accommodation is possible in order to attain the purpose. the laser-welding head of this invention -- setting -- a welding head body -- receiving -- a side nozzle -- vertical movement and a horizontal movement -- and it has prepared so that it can circle. Arrangement of such a side nozzle solved that it was effective when preventing an undercut corresponding to various welding conditions from the investigation and research on laser welding by this invention person etc.

[0005] By laser welding which used side gas, as shown in drawing 2, the spray include angle of side gas is set to  $\theta$ , and distance by the medial axis of a laser beam, the medial axis of the intersection of the welded material 3 to the side nozzle 2, and the intersection of the welded material 3 is set to X. The SUS430 stainless steel of 2mm of board thickness was used as welded material 3, and butt welding was carried out under 7kW of laser outputs, and 5m conditions for /of speed of travel. And the relation between the spray include angle  $\theta$  of the side nozzle 2 and depth of fusion was investigated. In the acute-angle side with which the spray include angle  $\theta$  does not fill 30 degrees, depth of fusion became extremely shallow and the weld zone with incomplete penetration was formed so that drawing 3 which shows results of an investigation might see. This originates in the amount of the removable plasma having decreased, so that the spray include angle  $\theta$  becomes smaller than 30 degrees. The SUS304 stainless steel plate of 1.5mm of board thickness was used as welded material 3, and butt welding was carried out under conditions of 1-8kW of laser outputs. And the relation of the speed of travel and distance X from which an undercut becomes 1% or less of board thickness was investigated. According to the rise of the speed of travel, distance X shifted to the long side the range where an undercut becomes 1% or less so that drawing 4 which shows results of an investigation might see. Moreover, it was common in 2m a part for part 5m/for /, and each 10m speed of travel for /, and there was no constant value of the distance X which makes an undercut 1% or less.

[0006] Cold rolled sheet steel of 0.2-2mm of board thickness was used as welded material 3, and butt welding was carried out under 1-10kW of laser outputs, and 5m conditions for /of speed of travel. And relation with the spray include angle  $\theta$  of board thickness and the side nozzle 2 from which an undercut becomes 1% or less of board thickness was investigated. The spray include angle  $\theta$  from which an undercut becomes 1% or less of board thickness changed according to board thickness so that drawing 5 which shows results of an investigation might see. Moreover, it was common in each board thickness (0.2mm, 1mm, and 2mm), and there was no constant value of the spray include angle  $\theta$  which makes an undercut 1% or less of board thickness. Cold rolled sheet steel of 1.5mm of board thickness, the SUS430 stainless steel plate, and the SUS304 stainless steel plate were used as welded material 3, and butt welding was carried out under 4-5kW of laser outputs, and 5m conditions for /of speed of travel. And the relation of the steel type and distance X from which an undercut becomes 1% or less of board thickness was investigated. As drawing 6 which shows results of an investigation saw, even if it was the same board thickness, the distance X from which an undercut becomes 1% or less of board thickness differed according to the steel type. Also in this case, it was common in each steel type, and there was no constant value of the distance X which makes an undercut 1% or less.

[0007] The above thing shows that it is necessary to adjust the spray include angle  $\theta$  and distance X according to the class of welded material 3, board thickness, the speed of travel, etc. Moreover, the conditions which originate in viscosity, the amount of molten metal, etc. depending on the welded material 3, and reduce an undercut are not acquired with change of the speed of travel, but the conditions which reduce an undercut may be acquired by making the spray direction of side gas into hard flow. Furthermore, when carrying out the direction of laser welding reversely, it is necessary to spray side gas from the opposite side. Such various demands cannot be satisfied on the conventional laser-welding head. Then, in order that the laser-welding head according to this invention may raise the spray include angle  $\theta$  to need and the setting degree of freedom of distance X, for example, as shown in drawing 7, it arranges the 1st table 4 which can move up and down to right and left of the welding head 1, and arranges the 2nd table 5 which can be slid in parallel to a processing side on the 1st table 4. And the side

nozzle 2 in which include-angle accommodation is possible is formed in the lower part of the 2nd table. Thus, since the side nozzle 2 is formed possible [ migration and revolution ] in three dimensions, the degree of freedom which sets up the required spray include angle  $\theta$  and distance X is high, the side gas conditions that welding advances under good conditions are set up, and the healthy weld zone by which the undercut was reduced is obtained. Moreover, since the side nozzle 2 is formed in the both sides of the welding head 1, it is not necessary to reverse the welding head 1, and the spray direction of side gas can be changed.

[0008]

[Example] The side nozzle 2 with a bore of 3mm was attached with the facility configuration shown in the welding head 1 with a pin center, large nozzle with a bore of 8mm at drawing 7 . The side nozzle 2 could change whenever [ tilt-angle ] in 10 - 70 degrees, and set a movable distance of the 1st table [ 2nd ] 4 and 5 as 50mm, respectively. And a setup of the spray include angle  $\theta$  and distance X was changed by changing whenever [ migration / of the side nozzle 2 on the 1st table / 2nd / 4 and 5 / , and tilt-angle / of side nozzle 2 ]. In addition, on the occasion of setting modification, the distance to the tip of 15mm and the side nozzle 2 was maintained for the distance from the front face of welded material to a pin center, large nozzle tip to the constant value of 10mm. In order to grasp the range of the conventional laser-welding head to change of board thickness, and the laser-welding head of this invention which can be responded, butt welding of the SUS430 stainless steel plate of 0.5-3mm of board thickness was carried out. As a welding condition, the laser output was set to 5kW, Ar was used for pin center, large gas and side gas, the flow rate of pin center, large gas was considered as a part for 15l./, and the flow rate of side gas was set as removal of the plasma at worst at the complement. Moreover, side gas was sprayed on the weld zone from the direction where the effectiveness of reducing an undercut is large.

[0009] In order to evaluate the formed laser-welding section, the 180-degree bending test from which an inside radius will be 3 times the board thickness was performed to the weld zone. And the existence of the crack generated in the weld zone in the bending test 180 degrees was observed. With the conventional laser-welding head, there is board thickness which a crack generates in bending 180 degrees, and the crack was started from the deep undercut so that it might see in the table 1 showing results of an investigation. Therefore, it needed to exchange for the head for laser welding from which the location of the side nozzle 2 differs. On the other hand, with the laser-welding head according to this invention, the side gas conditions that a healthy weld zone was obtained have been set up by adjusting the blasting include angle  $\theta$  and distance X, without generating a deep undercut to 0.5-3mm total board thickness. These weld zones did not generate a crack by the bending test 180 degrees so that it might see in Table 1. When using the laser-welding head according to this invention so that clearly from this contrast, heads did not need to be exchanged, butt welding of the SUS430 stainless steel plate of 0.5-3mm of board thickness was carried out, and it was checked that a healthy weld zone is obtained.

[0010]

[Table 1]

表1：溶接ヘッドの種類及び板厚が割れ発生に及ぼす影響

		従来の溶接ヘッド		本発明例の溶接ヘッド		
板厚 (mm)		ヘッド 1	ヘッド 2	設定 1	設定 2	設定 3
0.5～1		○	×	○	—	—
1～1.5		△	△	—	○	—
1.5～3		×	○	—	—	○
ヘッド	1	吹付け角度 $\theta$ が30度、距離Xが0mmのヘッド				
	2	吹付け角度 $\theta$ が45度、距離Xが3mmのヘッド				
設定条件	1	吹付け角度 $\theta$ を30度、距離Xを0mmに調整				
	2	吹付け角度 $\theta$ を37度、距離Xを1.5mmに調整				
	3	吹付け角度 $\theta$ を45度、距離Xを3mmに調整				
割れの有無	○	割れが発生しなかった板厚範囲				
	△	一部に割れが発生した板厚範囲				
	×	割れが発生した板厚範囲				

[0011] Example 2: The same laser-welding head as an example 1 was used, the speed of travel was changed, butt welding of the SUS409 stainless steel plate of 1.5mm of board thickness was carried out, and the welded tube with an outer diameter of 50.8mm was manufactured. And the range of the laser-welding head of the former to change of the speed of travel and the laser-welding head according to this invention which can be responded was investigated. As a welding condition, the laser output was set to 1-12kW, Ar was used for pin center, large gas and side gas, the flow rate of pin center, large gas was considered as a part for 15l./, and the flow rate of side gas was set as removal of the plasma at worst at the complement. Moreover, side gas was sprayed on the weld zone from the direction where the effectiveness of reducing an undercut is large. In order to evaluate the formed laser-welding section, the flattening test which an inside radius consists twice board thickness of was performed to the weld zone. And the existence of the crack generated in the weld zone in the flattening test was observed. With the conventional laser-welding head, by the flattening test, there is board thickness which a crack generates and the crack was started from the deep undercut so that it might see in the table 2 showing results of an investigation. Therefore, it needed to exchange for the head for laser welding from which the location of the side nozzle 2 differs. On the other hand, with the laser-welding head according to this invention, the conditions from which a healthy weld zone is obtained were set up by adjusting the blasting include angle  $\theta$  and distance X, without generating a deep undercut to all 5-20m speed of travel for /. These weld zones did not generate a crack by the flattening test so that it might see in Table 2. When using the laser-welding head according to this invention so that clearly from this contrast, heads did not need to be exchanged, butt welding of the SUS409 stainless steel plate was carried out by the various speed of travel, and it was checked that a healthy weld zone is obtained.

[0012]

[Table 2]

表2：溶接ヘッドの種類及び溶接速度が割れ発生に及ぼす影響

溶接速度 (m/分)		従来の溶接ヘッド		本発明例の溶接ヘッド		
		ヘッド1	ヘッド2	設定 1	設定 2	設定 3
≤5		○	×	○	—	—
5～9		△	△	—	○	—
9～20		×	○	—	—	○
ヘッド	1	吹付け角度θが50度、距離Xが0mmのヘッド				
	2	吹付け角度θが35度及び距離Xが3mmのヘッド				
設定条件	1	吹付け角度θを50度、距離Xを0mmに調整				
	2	吹付け角度θを42度、距離Xを1.5mmに調整				
	3	吹付け角度θを35度、距離Xを3mmに調整				
割れの有無	○	扁平試験で割れが発生しなかった板厚範囲				
	△	扁平試験で一部に割れが発生した板厚範囲				
	×	扁平試験で割れが発生した板厚範囲				

[0013]

[Effect of the Invention] As explained above, since the laser-welding head of this invention is enabling [movable in three dimensions, and] revolution of a side nozzle, it does not need to exchange heads and can set up side gas conditions effective in removal of the plasma and prevention of an undercut, or reduction by adjusting the spray include angle theta and distance X. Therefore, even if the class of steel plate and board thickness differ from the speed of travel etc., setups can be changed proper with one laser-welding head, and head production costs, head swap time, etc. are saved. Moreover, since it can provide for the weld zone of many steel types and many sizes, productive efficiency improves by manufacture of the welded tube of various sizes etc. And since the direction of blasting of side gas can be changed without reversing a head, the time amount which the reversal activity had taken is also saved.

[Translation done.]